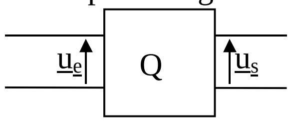
FILTRES PASSIFS

I - DIAGRAMME DE BODE

1) Principe

On considère un quadripôle Q alimenté par un signal sinusoïdal :



Ce quadripôle est caractérisé par sa fonction de transfert $\underline{H} = \dfrac{\underline{u}_s}{\underline{u}_e}$. Cette grandeur est susceptible de varier de façon très importante en fonction de la fréquence. On adopte alors une échelle logarithmique pour représenter les variations de cette fonction de transfert. Le diagramme de Bode comporte 2 courbes.

- Pour la première courbe, on représente en ordonnée le gain, exprimé en décibels : $G_{dB} = 20\log\left(\left|\underline{H}\right|\right) = 20\log\left(\left|\dfrac{\underline{u}_s}{\underline{u}_e}\right|\right)$ et en abscisse la fréquence (ou la pulsation) en échelle logarithmique.
- Pour la seconde courbe, on représente en ordonnée l'argument de $\underline{H}$ et en abscisse la fréquence (ou la pulsation) en échelle logarithmique.

2) Mesure directe d'un gain en décibels

Le multimètre utilisé en voltmètre en position AC donne la valeur efficace d’une tension privée de sa valeur moyenne. Pour une tension sinusoïdale $u(t)=U_m.\cos(\omega t+\varphi)$, le multimètre donne donc $U_{eff}=U_m/\sqrt{2}$.

Si le bouton dB est enfoncé, alors le multimètre donne une valeur en décibels par rapport à une tension de référence interne : $U_{dB}=20\times\log(U_{eff}/U_{ref})$.

Pour mesurer le gain du filtre précédant directement en décibels, il suffit de mesurer les tensions Ue et Us en décibels, puis d’effectuer la différence $Us_{dB}-Ue_{dB}=20\times\log(Us_{eff}/Ue_{eff})=G_{dB}$.

3) Déphasage

Pour obtenir l'argument de $\underline{H}$, c'est-à-dire le déphasage entre $u_s(t)$ et $u_e(t)$, on peut utiliser la mesure du temps de retard ou d’avance avec les curseurs (ne pas oublier d’adapter les calibres pour optimiser la précision). On peut également effectuer des mesures automatiques sur les oscilloscopes dont vous disposez (cette fonction très pratique n’est toutefois pas universelle et il est impératif de connaître également les méthodes précédentes).

II - FILTRE RC PASSE-BAS

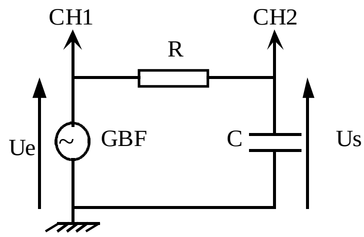
1) Montage

Réaliser le montage ci-contre pour avoir une fréquence de coupure de l'ordre du kHz.
On rappelle que la fonction de transfert s'écrit $\underline{H}(j\omega)=\underline{Us}/\underline{Ue}=1/(1+j\omega/\omega_c)$ où $\omega_c=1/RC$ est la pulsation de coupure à -3dB du filtre.

2) Manipulations en régime sinusoïdal forcé.

- Déterminer expérimentalement la fréquence de coupure à -3dB.
- En utilisant un tableur, représenter les diagrammes de Bode du gain et de la phase. On tracera ces diagrammes en même temps que les mesures seront effectuées afin de choisir des fréquences intéressantes. On représentera également sur le graphe les diagrammes de Bode asymptotiques. On mesurera le déphasage à l'aide des mesures automatiques de l'oscilloscope (vérifier sur une mesure que vous savez aussi obtenir le déphasage avec les curseurs) et on mesurera le gain soit à partir des mesures de l'oscilloscope (mesures automatiques ou mesures avec les curseurs), soit directement en décibels à l'aide du multimètre.

3) Caractère pseuso-intégrateur



- Pour des fréquences très supérieures à la fréquence de coupure f_c du filtre, l'expression de la fonction de transfert peut être approchée pour donner $\underline{Us}/\underline{Ue}\approx\omega_c/j\omega$, ce qui correspond à $Us\approx\omega_c\times\int Ue.dt$.

Vérifier qualitativement cette propriété lorsque le signal d'entrée est sinusoïdal, en créneaux ou en triangles. On représentera et on interprétera les courbes observées. Commenter aussi l'amplitude des signaux de sortie.

- Que se passe-t-il pour une fréquence très inférieure à la fréquence de coupure ? Représenter et interpréter la tension de sortie lorsque l'entrée est une tension en créneaux de fréquence $f<<f_c$.

III - FILTRE RC PASSE-HAUT

1) Montage

En conservant les valeurs de R et C, inverser les positions de R et de C dans le montage précédent.
On rappelle que la fonction de transfert s'écrit $\underline{H}(j\omega)=\underline{Us}/\underline{Ue}=(j\omega/\omega_c)/(1+j\omega/\omega_c)$ où $\omega_c=1/RC$ est la pulsation de coupure à -3dB du filtre.

2) Manipulations en régime sinusoïdal forcé.

- Déterminer expérimentalement la fréquence de coupure à -3dB.
- Représenter comme précédemment les diagrammes de Bode du gain et de la phase. Si le temps manque, on ne tracera pas le diagramme de Bode pour la phase.

3) Caractère pseudo-dérivateur

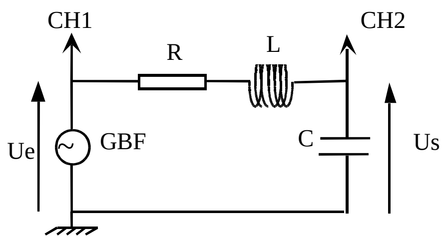
- Pour des fréquences très inférieures à la fréquence de coupure f_c du filtre, l'expression de la fonction de transfert peut être approchée pour donner $\underline{Us}/\underline{Ue}\approx j\omega/\omega_c$, ce qui correspond à $Us\approx(1/\omega_c)\times dUe/dt$.

Vérifier qualitativement cette propriété lorsque le signal d'entrée est sinusoïdal, en créneaux ou en triangles. On représentera et on interprétera les courbes observées.

- Que se passe-t-il pour une fréquence très supérieure à la fréquence de coupure ?

IV - FILTRE PASSE-BAS DU DEUXIEME ORDRE

On reprend la même étude pour le montage suivant :



Déterminer par une analyse qualitative (à fréquences nulles et infinies) la nature du filtre. Calculer la fonction de transfert.
Tracer le diagramme de Bode en gain et en phase.
Mesurer la largeur relative de la résonance quand elle a lieu. La relier au facteur de qualité. Faire le calcul d'incertitudes expérimentales.
Essayer le filtre avec une tension d'entrée en créneaux, triangulaire ; commenter.

V - FILTRE PASSE-HAUT DU DEUXIEME ORDRE

Permuter L et C dans le montage précédent et reprendre l'étude.